

실험실의 출현

날짜 : 2004. 10. 26 | 이름 : 정동욱 | 담당교수 : 홍성욱

Edward C. Pickering, "Physical Laboratories", *Nature* 3 (Jan. 26, 1871), p.241

화학 교육에서 실험실이 유용하다는 것이 널리 알려져있고, 물리학에서도 몇몇 학생들과 실험을 수행해오긴 했지만, 물리학의 대규모 교육과정에 실험실이 도입된 것은 얼마 되지 않았음.

MIT의 실험실 소개. 많은 학생수와 실험기자재의 고비용 문제 해결 방안 및 실험실의 성과 소개.

실험실에 몇 개의 테이블 배치. 다른 실험을 설치하고, 학생들이 돌아가면서 실험 수행. 검사. 실험의 수가 학생수보다 많아야 지체 안됨. 물리상수 측정, 이론적인 법칙을 실험을 통해 검증. 그래프 그리기. 최소자승법, 내삽법, 오차분석.

같은 실험 여러 사람이 반복 수행함으로써 가치있는 성과 얻을 수 있었음.

W.G. Adams, "Physical Laboratories", *Nature* 3 (Feb. 23, 1871), pp.322-323

best assistant → every student. 실험이 정규 물리교육과정에 포함되면서, 많은 성과를 내고 있음을 소개.

여러 분야 — 기체학, 열, 빛, 전기, 자기 등 — 실험. 돌아가면서 한명씩 실험 및 검사. 복잡한 실험의 경우 2인 1조로 수행.

많은 학생들이 같은 실험을 반복 수행함으로써, 더욱 신뢰도 있고 정확한 결과 얻어짐. 학생들의 관심 높아짐. 지식을 얻는 방법 교육. 점점 학생의 연구의 질이 높아지고, 학생수가 꾸준히 증가하고 있음.

J.T. Bottomley, "Physical Science in Glasgow University", *Nature* 6 (May 9. 1872), pp.29-32

1852년 글라스고우 대학에 생긴 물리학 대형강의실 및 실험실 등의 실험 자연철학을 위해 특별히 고안된 공간에 대한 소개.

대형강의실 : 구조, 규격, 창문의 수와 방향, 기온기 등을 서술.

실험실(5) : 강의 및 실험실, 일반 실험실, 주요기구실 및 자료실, 창고 및 예비실험실(2)로 구성.

강의실과 실험실에 있는 실험장치, 테이블, 시계, 진자 등의 각종 설비들 소개.

힘세고 오래가고 안전하고 다루기 쉬운 전지에 대한 필요성. 6개월 이상 일정한 기전력 유지하는 전지 필요. 결국 톰슨의 gravitation battery의 사용.

James Clerk Maxwell, "Introductory Lectures on Experimental Physics", in W.D. Niven ed., *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell* (New York: Dover,, 1965), pp.241-255.

캠브리지 대학의 실험물리학 과목에 대한 소개와 그 목표 및 미래에 대한 기대 서술.

현상에 대한 과학적 원리와 그에 대한 연구 방법(비판정신) 동시에 가르침.

보여주기 실험(현상 시연 및 실험적 방법 소개)과 연구 실험(정확한 측정, 수학적 분석. 예: 지구자기 측정, Weber, Gauss) 구분.

수학적 분석과 실험적 연구를 결합한 물리학 지식의 견고성 강조.

수학의 주된 사용처는 해석. 실험실은 수학 능력 증진에도 도움.

실험실 연구는 개인 연구보다 성과 훨씬 큼.

과학은 다른 모든 인간적 관심에도 관련됨. 따라서 과학은 교양교육의 일부.

결국, 수학 전통 또는 gentleman 양성 전통의 대학에 실험물리학 과목 개설의 정당성을 주장하는 내용임.

anonymous, "The New Physical Laboratory of the University of Cambridge", *Nature* 10 (Jan 25, 1874), p.139-142

캠브리지의 자금으로 설립된 캠브리지 내 캐번디쉬 실험실에 대한 자세한 소개. 각 층의 방 배열 및 기능과 용도, 그리고 각종 최첨단 기자재 소개. 강의실, 실험실, 교수 개인방, 암실 등으로 구성된 이곳에서, 자기, 열, 음향, 복사열, 광학, 전기 등에 관한

실험 가능.

Oliver Lodge, "An Ideal Physical Laboratory for a College", *Electrician* (Nov 14; Nov 21, 1890), pp.32-33, pp.66-68

Owen Hanaway, "Laboratory Design and the Aim of Science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe", *Isis* 77 (1986), pp.585-610

‘실험실’의 현대적 의미는 그 어원과 다름. 현대적 의미는 16세기 말부터 사용된 듯 하다. 처음에는 연금술 또는 화학분야에서만 사용되었지만, 점차 모든 분야로 확장되어, 단지 지식의 일종이 아닌 과학탐구활동의 형식을 의미하게 된다. 여기서 과학탐구의 방법이란 다룰 수 있는 능력이 필요한 기구들에 대한 조작과 관찰을 의미한다.

저자는 16세기 말, 티코 브라헤의 우라니보르크와 리바비우스의 화학하우스를 비교함으로써, 유럽에 처음 등장한 새로운 과학활동 방식의 지적 이데올로기적 뿌리를 드러내고자 하고 있다.

- 리바비우스 : 시정 소속. 장학사로서의 이력. 화학의 비밀주의 배경. 신성로마제국의 정치적 안정 추구. Paracelsus와 논쟁. 연구의 사회적 책임 및 시민으로서의 의무 강조. 공리주의적인 신념. 변증술, 수사법 강조. 그가 생각한 화학 하우스는 마을 내에 위치. 화학자의 생활이 그곳에서 영위.(단, 공과 사는 구분). 연구실은 지하가 아닌 1층. 빛이 들어와야 함.

- 브라헤 : 프리드리히 2세 가 Hven의 땅을 주며, 브라헤를 잡아둠. 속세와 떨어져 천문학 관측. 그러나 화학을 포기하지는 않았으며, 지하에 화학실험실 배치. 화학은 땅의 천문학. 우주론적 근거.

결론

mural quadrant에서 브라헤는 영원히 빛나는 천상의 별을 가리키며, 왕실의 후원자의 초상화 밑에서 앉아있지만, 리바비우스는 그의 용광로 안의 덧없는 불꽃을 살리려고 이리저리도 뛰어다니는 화학자에 호소. 숙고의 삶 vs. 행동의 삶 (신성한 영원한 진리를 숙고하는 천문학 철학자의 삶 vs. 과학과 사회적 책무를 모두 마음에 품고 있는, 물리적이고 사회적으로 적극적인 화학자의 삶). 이를 통해 수학적 분석적 전통을 넘어, 고대철학의 변증론적 수사적 전통 존재. 불변하는 신적인 것을 추구하는 것과, 일시적이지만 사회정치적 영역에서 사람을 움직이는 것. 이 두가지 지적전통은 지식을 추구하는 서로 구별된 사회적 맥락을 보여줌. 그러나 브라헤의 숙고적 방식과 리바비우스의 능동적 방식이 단순한 이분법은 아님.

S. Hong, "Forging Scientific Electrical Engineering : John Ambrose Fleming and the Ferranti Effect", *Isis* 86 (1995), pp.30-51

Ferranti 효과를 둘러싼 논쟁과정을 분석함으로써, 영국 전력기술 영역 내에서의 그룹간 갈등과 주도권 변화 설명.

애초에 전신기술자 및 전력기술자가 주도했던 전력기술 영역에서, Ferranti 효과에 대한 명확한 해답(자체유도에 의한 공명현상)을 제시한 과학-기술자가 주도권을 갖게 되었다.

이 과정은 단순히 과학 대 기술의 갈등이 아닌 각각의 이론(전기자 반응이론) 대 이론(자체유도에 의한 공명이론)의 갈등으로 파악해야 함. 또한 논쟁의 당사자였던 플레밍은 과학자가 아닌 과학기술자.

Robert E. Kohler, "Drosophila : A Life in the Laboratory", *Journal of History of Biology* 26.2(1993) pp.281-310

초파리는 어떻게 실험실에 들어왔을까? 초파리는 왜 그렇게 산출적인 국제적인 실험실 동물이 되었을까? 초파리는 어떻게 실험실의 공생자가 되었을까?

이러한 질문들에 대해, 저자는 실험실을 하나의 생태계로 간주하는 자연사적인 연구방식을 제시하고 있다.

초파리는 그들의 자연사 주기가 연구와 학습 주기와 맞아졌기 때문에 그들은 연구에 도입되었는데, 그들 중 특히 *melanogaster*는 토착종을 밀어내고 자리를 차지한 이후, "표준" 파리로서의 자리를 뺏기지 않았다. 그 이유는 *melanogaster*가 실험실 조건에 가장 잘 적응했기 때문이다. 여기서의 적응이란 실험자들에게 실험당하기 쉽고 길러지기 까다롭지 않고, 실험실 재앙 — 열, 냉동, 전염병 등 — 에 잘 견뎌내는 것을 말한다.

즉, 자연, 엄밀히 말해 semidomesticated or second nature의 생태계에서 실험실 생태계로 들어온 초파리는 다른 선택규칙과 다른 생존규칙에 따르게 되는데, 특히 *D. melanogaster*는 새로운 생태계에 이상적으로 잘 적응했다는 것이다.

이러한 — 초파리가 실험실에 들어오고, 가장 잘 적응한 — 일을 단지 우연으로만 볼 수는 없다. 초파리의 국제적인 몇 개종, 특히 *D. melanogaster*는 원래부터 몇천년간 인간 주변을 맴돌며 — 과일창고를 찾아 — 모든 대륙에 서식하고 있었다. 다시 말해 그들이 원래 서식하던 생태계와 실험실의 생태계는 그리 다르지 않았던 것이며, 그들은 이미 실험실 삶에 적응해 있었던 것이다.

그들은 인간과 함께 공생하는 동안 자연선택에 의해 이미 변해왔으며, 역시나 실험실의 공생관계에도 적합했을 뿐이다.

□

다른 secondary material 은 ?